

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА YSZ КЕРАМИКИ С ЕВРОПИЕМ

А.М. ШРАЙБЕР

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: shrayberam@tpu.ru

Прозрачные поликристаллические керамики все чаще используются в оптических приложениях. Обусловлено это в первую очередь возможностью создания керамических материалов различной формы по сравнению с традиционными монокристаллами. Кроме того, поликристаллические керамики имеют более равномерное распределение легирующей примеси, чем монокристаллы. Однако существенный недостаток керамики для оптических применений обусловлен снижением оптического качества вызванный наличием пор и других дефектов. Тем не менее, постоянное совершенствование технологии синтеза данного вида материала, приводят к высокому качеству оптической керамики. В отличие от структурных дефектов, точечные дефекты могут поглощать свет, снижая светопропускание. Примеси почти всегда существуют в керамике, и некоторые из них могут служить центрами поглощения света. Точечные дефекты керамики, изготовленной SPS методом, являются кислородные вакансии. Большинство экспериментов, проводимых с помощью SPS методики, применяются графитовые пресс-формы. Недостаток использования графитовых пресс-форм для оптической керамики заключается в том, что обработанная керамика часто имеет темные включения и, следовательно, прозрачность образцов снижается.

В научных публикациях имеется много работ [1-5], посвященных исследованиям люминесценции порошков ZrO_2 . Обобщая литературные данные, можно выделить положения полос люминесценции в трех спектральных областях. Одна область с максимумом ниже 2 эВ, вторая область находится между 2,0 и 3,5 эВ, а третья - выше 4,0 эВ. Данные о собственных дефектах ZrO_2 или других центрах типов с люминесценцией при <2,0 эВ в литературе не встречаются. Поэтому полосы люминесценции с пиковым положением <2,0 эВ считаются обусловленными допантами (в основном элементами редкоземельных элементов (РЗЭ), например, Sm^{3+} , Nd^{3+} , Pr^{3+}). Некоторое добавление допантов существенно не изменяет интенсивность люминесценции собственных дефектов, но допанты с зарядовым состоянием ниже зарядового состояния Zr^{4+} в основном служат в качестве фазового стабилизатора, в результате чего распределение дефектных состояний различно при этом значительно изменяется спектр и интенсивность люминесценции. Из данных допированной люминесценции кристалла ZrO_2 можно сделать вывод, что свойства люминесценции допантов аналогичны свойствам, наблюдаемым в других материалах. Примечательно, что во многих работах показано, что ZrO_2 является хорошим материалом для допирования и последующего практического использования. Ионы РЗЭ встраиваются в кристалл ZrO_2 с зарядовым состоянием +3. Несмотря на тот факт, что работ посвященных порошкам на основе диоксида циркония достаточное количество, работ посвященных свойствам керамик изготовленных из данных порошков единицы. В связи с этим целью данной работы было изучение оптических и катодолюминесцентных свойств керамики изготовленной методом SPS на основе иттрий стабилизированного диоксида циркония активированного европием.

Для изготовления образцов светопропускающей керамики был использован коммерческий гранулированный нанопорошок иттрий стабилизированного диоксида циркония марки TZ-10YS (TOSOH, Япония). Доля стабилизатора Y_2O_3 составляла 10 мол.%. Изготовление керамики осуществлялось на установке SPS-515S (Syntex Inc., Япония). В качестве допанта был использован оксида европия Eu_2O_3 (Неваторг, Россия). В результате спекания были получены керамические образцы цилиндрической формы, высотой 1 мм, диаметром 9 мм. Образцы были подвергнуты атмосферному отжигу при температурах 700-1300 °С. Исследование оптических свойств образцов в ультрафиолетовой, видимой и ближней инфракрасной области проводилось с использованием двулучевого сканирующего спектрофотометра СФ-256УВИ (190-1100 нм). Люминесцентные свойства исследовались с

использованием методики время-разрешенной спектроскопии. В качестве источника возбуждения использовался сильноточный ускоритель электронов ГИН-400. Регистрация кинетики затухания свечения осуществлялась ФЭУ-97 и цифровым осциллографом Tektronix DPO3034 с использованием монохроматора МДР-23. Спектры излучения исследуемых образцов корректировались на спектральную чувствительность оптического тракта. Регистрация интегральных спектров свечения люминесценции осуществлялась оптоволоконным спектрометром AvaSpec-2048.

Оптические свойства керамических образцов до атмосферного отжига представлены на рисунке 1. Как видно из представленных результатов до атмосферного отжига наблюдается большая разница в спектрах поглощения керамических образцов. Также не наблюдается очевидной корреляции поглощения с концентрацией допантов в образцах.

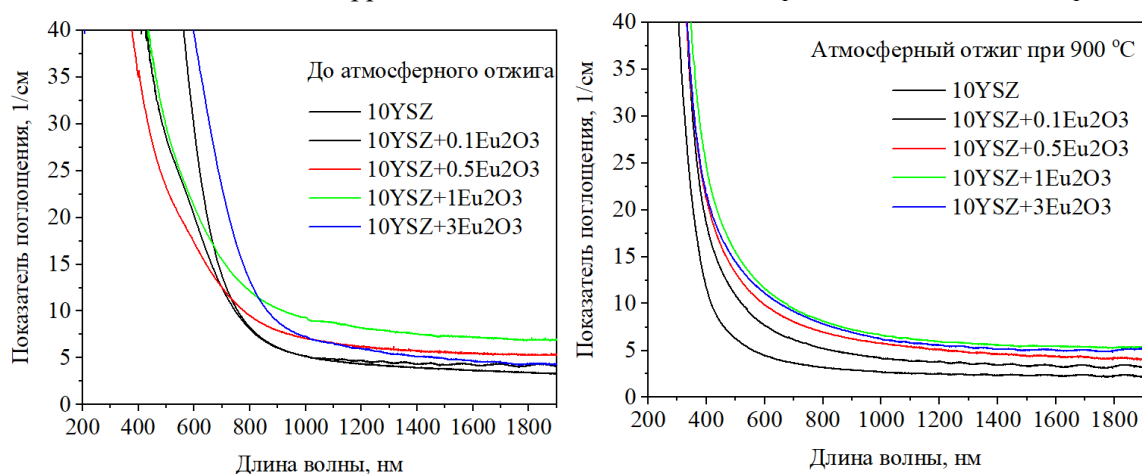


Рисунок 1 – Спектры поглощения образцов YSZ керамики с различным содержанием Eu_2O_3 до атмосферного отжига и после атмосферного отжига при $900\text{ }^\circ\text{C}$

Из представленных спектров поглощения после атмосферного отжига следует, что атмосферный отжиг приводит к улучшению оптических свойств YSZ керамики с европием. При температуре атмосферного отжига $900\text{ }^\circ\text{C}$ наблюдается корреляция концентрации оксида европия с увеличением поглощения керамических образцов. Вместе с тем, стоит отметить, что для разных концентраций европия необходимы разные температуры отжига.

Анализ проведенных измерений интегральных спектров катодолюминесценции показал, что в спектре катодолюминесценции образцов с европием наблюдаются характерные полосы свечения данного иона. Причем с ростом температуры отжига наблюдается рост интенсивности данного свечения в инфракрасной области спектра. Собственное излучение керамических образцов характеризуется быстрым временем свечения. Анализ спектров собственного свечения показал хорошую корреляцию с данными представленными в работе [5].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 17-13-01233.

Список литературы

1. Kirm M., Aarik J., Jurgens M., Sildos I. // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A. – 2005. – V. 537. – P. 251–255.
2. Smits K., Grigorjeva L., Millers D. et al // Opt. Mater. – 2010. – V. 32. – P. 827–831.
3. Nakajima H., Mori T. // J. of Alloys and Compounds – 2006. – V. 408-412. – P. 728–731.
4. Khasanov O.L., Dvilis E.S., Polissadova E.F., Stepanov S.A., Valiev D.T., Paygin V.D., Dudina D.V. // Ultrasonics Sonochemistry – 2019. – V. 50. – P. 166-171.
5. Boffelli M., Zhu W., Back M., Sponchia G., Francese T., Riello P., Benedetti A., Pezzotti G. // J. of Physical Chemistry A. – 2014. – V. 118. – P. 9828–9836.